



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 100 50 489 A 1**

(5) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 02 F 1/467**

**DE 100 50 489 A 1**

(21) Aktenzeichen: 100 50 489.2  
(22) Anmeldetag: 11. 10. 2000  
(43) Offenlegungstag: 26. 7. 2001

<p>(65) Innere Priorität: 100 02 977. 9 24. 01. 2000 100 04 675. 4 03. 02. 2000</p> <p>(71) Anmelder: Bartl, Ludwig, Dipl.-Ing., 78464 Konstanz, DE; Cookson, Andrew, Kreuzlingen, CH</p> <p>(74) Vertreter: Hiebsch Peege Behrmann, 78224 Singen</p>	<p>(72) Erfinder: Bartl, Ludwig, Dipl.-Ing., 78464 Konstanz, DE</p>
---	---

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Vorrichtung zum Behandeln von Wasser

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum antibakteriellen Behandeln, insbesondere Dekontaminieren und/oder Sterilisieren von Wasser sowie zum Abtöten von Mikroorganismen in Wasser, mit einem zum Aufnehmen einer zur Behandlung vorgesehenen Wassermenge ausgebildeten Behälter und einer zum Beaufschlagen der Wassermenge im Behälter ausgebildeten Elektrodenanordnung, die mit einer behälterextern vorgesehenen elektrischen Signalerzeugungsvorrichtung verbind- und betreibbar ist, wobei die elektrische Signalerzeugungsvorrichtung mit Niederspannung betreibbar und zum Erzeugen eines elektrischen Wechselsignals zwischen Elektroden der Elektrodenanordnung mit einer Maximalamplitude < 50 V und einer Signalfrequenz im Bereich zwischen 1 und 5000 kHz, insbesondere 5 bis 50 kHz, ausgebildet ist, wobei die Signalerzeugungsvorrichtung Einstellmittel aufweist, die zum automatischen Verändern einer Maximalamplitude, eines Amplitudenhubs und/oder eines Signal-/Pausenverhältnisses des Wechselsignals, abhängig von einem Leitwert der Wassermenge, ausgebildet sind.

**DE 100 50 489 A 1**

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Behandeln von Wasser nach dem Obergegriff des Patentanspruchs 1, und zwar insbesondere eine Vorrichtung zur Aufbereitung von Wasser durch Dekontaminieren bzw. Sterilisieren.

Vor dem Hintergrund einer einfachen, handhabungsfreundlichen und portablen Vorrichtung zur Verbesserung der Trinkwasserqualität sind bislang hauptsächlich Vorrichtungen erhältlich, die auf einer Filterwirkung (z. B. durch Aktivkohlefilter) basieren, oder aber die mit chemischen Mitteln aus durch Bakterien, Schwermetallen usw. verunreinigten wasserhaltigen Flüssigkeiten die Trinkwassergewinnung ermöglichen.

Allerdings haben sich im praktischen Gebrauch rein filterbasierte Lösungen für solche aufzubereitende Wassermengen, die Bakterien oder andere Mikroorganismen enthalten, als oftmals unzureichend erwiesen, und andere bekannte Verfahren gerade zum Abtöten von Mikroorganismen in Wasser, etwa die Beaufschlagung mit ultravioletter Strahlung, erweisen sich für einen Gebrauch in einem portablen Gerät, nicht zuletzt auf Grund der notwendigen Energieversorgung, als ungeeignet.

Ferner sind aus dem Stand der Technik gattungsbildende Technologien bekannt, mit Hilfe elektrischer Signale (typischerweise Gleichspannungen) Dekontaminations- bzw. Reinigungswirkungen von verschmutztem Wasser zu erreichen. Hier hängt die Wirksamkeit typischerweise davon ab, dass durch elektrolytische Wirkung sogenannte anodische Oxidanten, typischerweise Chlor, aus dem kontaminierten Wasser freigesetzt werden und es tatsächlich dann dieses Chlor ist, welches die gewünschte bakterientötende Wirkung besitzt. Üblicherweise besitzen derartige, bekannte Vorrichtungen daher auch großflächige Elektroden, um den elektrolytischen Effekt bestmöglich zur Geltung zu bringen.

Allerdings besitzt eine solche Vorgehensweise auch den Nachteil, dass das freigesetzte Chlor sich selbst wiederum negativ auf die Wasserqualität, insbesondere im Fall von Trinkwasser, auswirkt, und darüber hinaus wird Geruch und Geschmack eines so behandelten Wasser typischerweise als unangenehm empfunden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zur Behandlung, insbesondere zur Aufbereitung, Dekontamination und Sterilisation von Wasser zu schaffen, die mit geringem Aufwand bedien- und betreibbar ist, portabel ausbildbar ist und darüber hinaus hinsichtlich ihrer Energieversorgung universell verwendbar ist sowie sichere, reproduzierbare und schnell erreichbare Sterilisationswirkungen ermöglicht, jedoch bei Minimierung der Erzeugung anodischer Oxidanten.

Die Aufgabe wird durch die Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie das Verfahren nach dem Patentanspruch 15 gelöst; vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Erfindungsgemäß vorteilhaft wird der durch den Erfinder entdeckte Effekt ausgenutzt, dass elektrische Wechselspannungen, wenn diese über eine Elektrode in eine zu behandelnde Wassermenge eingeleitet werden, einen dekontaminierenden, insbesondere Mikroorganismen abtötenden Effekt besitzen, und zwar auch dann, wenn elektrolytische Effekte weitgehend unterdrückt und damit das Entstehen von anodischen Oxidanten verhindert werden (wie dies im Rahmen der Erfindung etwa durch minimierte Oberflächen der verwendeten Elektroden erreicht werden kann).

Ein kritischer Parameter bei einer möglichst effektiven Dekontamination durch das elektrische Wechselsignal ist die erfindungsgemäß festgestellte Tatsache, dass ein optima-

ler Amplitudenhub des Wechselsignals sowie ein optimales Signal-/Pausenverhältnis des Signals (insbesondere bei einem Rechtecksignal) zum Erreichen einer optimalen Wirkung auf die zu beseitigenden Mikroorganismen von einem Leitwert des Wassers abhängig ist.

Es liegt daher im Rahmen der Erfindung, eine Einheit zum automatisierten Bestimmen eines Leitwertes der zu behandelnden Wassermenge vorzusehen, und abhängig von einem Ergebnis dieser Leitwertbestimmung dann eine entsprechende Signaleinstellung, insbesondere hinsichtlich der Frequenz, Signalamplitude und/oder des Signal-/Pausenverhältnisses innerhalb einer Periode des Wechselsignals vorzunehmen.

Experimentell wurde zudem festgestellt, dass eine derartige Zuordnung einem nicht-linearen Verhältnis zwischen Leitwert und maximaler Signalamplitude folgt, wobei insbesondere eine parabolische Form einer entsprechenden Einstellkurve bevorzugt ist.

Vorteilhaft erreicht die Integration des Wasserbehälters sowie der Signalerzeugungsvorrichtung für die Elektrodenanordnung in eine portable Einheit, dass damit das Gerät bedarfsabhängig, flexibel und insbesondere auch an solchen Orten verwendet werden kann, wo ein Bedarf an sauberem, dekontaminiertem Wasser besteht.

Da zudem ein portabler, flexibler Einsatz einer solchen leicht bewegbaren Einheit es erfordert, weitgehend unabhängig von einem (für große Energiemengen geeigneten) Stromversorgungsnetz zu sein, wurde zudem im Rahmen der vorliegenden Erfindung die Möglichkeit geschaffen, die elektrische Signalerzeugungsvorrichtung mit Niederspannung zu betreiben, wobei als Niederspannung im Rahmen der vorliegenden Erfindung jegliche Spannung kleiner als eine Netz-Wechselspannung verstanden werden soll, welche üblicherweise aus portablen Spannungsversorgungseinheiten, wie etwa Batterien oder dergleichen, zu gewinnen ist. Insbesondere ist unter "Niederspannung" im vorliegenden Fall daher eine Spannung von 12, 24 oder 30 V zu verstehen, oder aber eine von gängigen Solarzelleneinheiten abgebene Spannung in dieser Größenordnung.

Im Ergebnis erreicht damit die vorliegende Erfindung, dass bei niedrigem Energieaufwand eine hochwirksame Dekontamination von verschmutztem Wasser und damit eine Umwandlung in Trinkwasser durchgeführt werden kann, wobei die erfindungsgemäß geschaffene Vorrichtung durch ihre Portabilität beliebig beweg- und an einen Einsatzort verbringbar ist.

Im Rahmen der Erfindung ist dabei unter dem "Aufnehmen" der zur Behandlung vorgesehenen Wassermenge nicht nur ein charakteristischer Betrieb zu verstehen, sondern, wie die an späterer Stelle zu beschreibenden Ausführungsbeispiele verdeutlichen, ist insbesondere auch eine Ausführung und eine Realisierung der Erfindung als Durchflussgerät berücksichtigt und von der Erfindung umfasst.

Es hat sich herausgestellt, dass eine Beaufschlagung der Wassermenge mit einem Wechselsignal, welches eine Gleichspannungskomponente besitzt, und welches weiter bevorzugt ein gleichgerichtetes Wechselspannungssignal ist (also lediglich Signalkomponenten in einer Polarität besitzt) besonders wirksam auf Bakterien ist. Weiterbildungsgemäß ist daher die Signalerzeugungsvorrichtung zum Erzeugen eines derartigen Signalmusters mit Gleichspannungsanteil (d. h. einem hinsichtlich beider Polaritäten nicht symmetrischen Signalmuster) ausgebildet. Weiter vorteilhaft ist zudem eine Realisierungsform der Erfindung denkbar, wo

durch ein (periodisches) Umpolen des Elektrodensystems unerwünschte Verkalkung oder andere ungewollte Ablagerungen auf den Elektroden vermieden werden. Gemäß dieser bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist zudem vor-

gesehen, vor jedem dieser Umpolungsvorgänge eine asymmetrische, stromfreie Zeitspanne von ca. zwischen 1 und 5 sec. einzuschieben, um das Auftreten anodischer Oxidanten weiter zu verhindern. Zudem wirken sich derartige Pausen beim Beaufschlagen des kontaminierten Wassers (und unter Ausnutzen von Nachschwing- bzw. Relaxationseffekten im Wasser) positiv auf den Energieverbrauch der Anordnung, wichtig insbesondere im portablen Betrieb, aus.

Besondere Bedeutung in der praktischen Realisierung kommt zudem der Ausgestaltung der Elektrodenanordnung zu, wobei es sich weiterbildungsgemäß als besonders bevorzugt herausgestellt hat, zumindest eine Elektrode der Elektrodenanordnung mittels eines langgestreckten Leiterstücks (insbesondere Drahtes) zu realisieren, wobei dieser Draht, bei zum Zweck der Minimierung anodischer Oxidanten entsprechend minimierter Oberfläche, typische Durchmesser zwischen ca. 0,1 und 0,5 mm aufweist und geeignet aus Platin od. dgl. Materialien realisiert werden kann. Insbesondere bei dieser Elektrodengestaltung zeigt sich der prinzipielle Unterschied zu bekannten, elektrolytisch basierten Dekontaminationsverfahren, da es herkömmlicherweise ja eher auf möglichst großflächige Elektroden ankommt.

Zur ergänzenden Behandlung des Wassers im Hinblick auf Schwermetalle, Nitrate, Chlorverbindungen usw. bietet es sich an, die Vorrichtung zusätzlich mit einer Filtereinheit zu versehen, wobei, je nach Einsatzzweck und gewünschter Intensität der Filterwirkung, eine solche Filtereinheit einem Behältereinlass vor- und/oder einem Behälterausslass nachgeschaltet sein kann; auch ist es möglich, hier variable, einschwenkbare Filter usw. zu verwenden.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung hängt die Effektivität der Tötung von Krankheitserregern (Einzellern, Parasiten, Bakterien und Viren) im Wasser auch von einer konkreten Form des mittels der Elektrodenanordnung eingebrachten elektrischen Wechselsignals ab, wobei es sich als besonders bevorzugt herausgestellt hat, ein i. w. rechteckförmiges Wechselsignal einzubringen.

Wie wissenschaftliche Erprobungen der vorliegenden Erfindung erwiesen haben, kann eine große Anzahl von coliformen, mesophilen und psychrophilen Bakterien verschiedener Typen durch Verwendung der vorliegenden Vorrichtung in relativ kurzer Behandlungszeit, typischerweise im Bereich zwischen 5 und 15 Minuten, abgetötet werden, so daß durch die vorliegende Erfindung ein Weg geschaffen ist, auf flexible und einfache Weise, netzspannungsunabhängig und portabel Wasser zu reinigen und damit ein Infektionsrisiko, insbesondere auch in ohnehin unversorgten Gebieten, drastisch zu verringern.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung liegt insbesondere auch darin, eine Mehrzahl der erfundungsgemäßen Behälter vorzusehen und diese modulweise so auszustalten, dass mehrere Behälter parallel zum Aufnehmen der Wassermenge ausgebildet sind und so bei einem Durchflussbetrieb, eine Reinigungsleistung innerhalb eines vorbestimmten Zeitraumes erhöhen können, und/oder aufeinanderfolgend verschaltet werden können, um eine verlängerte Wirk- bzw. Beaufschlagungsstrecke für das Wasser zu schaffen.

Weitere bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sehen vor, dass die elektrische Signalerzeugungsvorrichtung im Hinblick auf Betriebszeiten des Erzeugens des elektrischen Wechselsignals programmierbar ist, wobei insbesondere auch voreingestellte Programme mit Signal- und/oder Betriebszeitmustern abspeicher- und geeignet aufrufbar sind.

Eine weitere bevorzugte Weiterbildung der Erfindung besteht darin, zumindest einige Elektroden der Elektrodenanordnung, weiter bevorzugt solche, die benachbart eines Behälterausslasses vorgesehen sind, als (weiter) bevorzugt aus-

tauschbare) Magnesiumelektroden zu realisieren, um so eine zusätzliche, gesteuerte Beaufschlagung des erfundungsgemäß behandelten Wassers mit Magnesiumionen (geeignet wären etwa 5-15 mg Mg pro Liter Wasser) zu ermöglichen.

5 Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen in:

Fig. 1: eine schematische Seitenansicht der erfundungsgemäßen Vorrichtung zur Wasserbehandlung;

10 Fig. 2: verschiedene Signalformdiagramme (als Funktionen der Signalspannung über der Zeit) des über die Elektrodenanordnung in die zu beaufschlagende Wassermenge einzuleitenden Wechselstrom und

15 Fig. 3: eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Wie in der Fig. 1 schematisch gezeigt, besteht die erfundungsgemäße Vorrichtung zum Behandeln, insbesondere Dekontaminieren von Wasser mit dem Zweck der Trinkwassererzeugung aus einer zylindrischen Behältereinheit 10, in deren Innerem eine Elektrodenanordnung bestehend aus einem Paar von Draht- bzw. Stabelektroden 12 aus Platin (Durchmesser 0,1 mm) vorgesehen und so kontaktierbar ist, dass die Elektroden 12 beidseitig mit einem - schematisch gezeigten - Wechselspannungssignal beaufschlagbar sind.

20 Genauer gesagt wird dieses Wechselspannungssignal durch eine schematisch gezeigte Signalerzeugungsvorrichtung 14 generiert, die selbst mit einer Niedervolt-Versorgungsspannung, typischerweise einem 12 V-Autobatterieanschluß od. dgl., verbindbar ist.

An ihrem der Signalerzeugungseinheit 14 entgegengesetzten oberen Einlassende 16 ist zudem schematisch eine Filtereinheit 18 gezeigt, die durch den Einlass 16 eintretendes, kontaminiertes Wasser in ansonsten bekannter Weise von Schwermetallionen, Chlor- oder Stickstoffverbindungen befreit und das gesamte Reinigungsergebnis verbessert (alternativ ist es problemlos möglich, den Behälter durch Vorsehen eines entsprechenden, nicht gezeigten Auslasses zu einem Durchflussbehälter auszubilden, so dass die Behandlung nicht chargeweise erfolgt, sondern im Wege eines permanenten Zu- und Abflusses durch den Ein- bzw. Ausschluß.)

35 In der Fig. 1 gezeigten Weise bildet die Dekontaminationsvorrichtung so eine probate, leicht auch manuell handhabbare Einrichtung, die damit beliebig an entsprechende Einsatzorte verbracht werden kann. Typische Behältervolumina der Behältereinheit 10 liegen im Bereich zwischen etwa 0,5 Liter und etwa 5 Liter.

40 Die Funktionsweise der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung ist wie folgt: Der Benutzer füllt zu dekontaminierendes Wasser, welches neben Schwermetallionen wie Blei oder Kupfer auch Mikroorganismen in Form von Bakterien, Viren oder anderen potentiell schädlichen Erregern enthält, über den Einlass ein. Das Wasser tritt durch die Filtereinheit 18 hindurch und wird dort in ansonsten bekannter Weise gefiltert und sammelt sich in dem Inneren der Behältereinheit 10, wobei besonders bevorzugt die weitere Wasserbehandlung erst durchgeführt wird, wenn die Behältereinheit 10 vollständig gefüllt ist und damit die Stabelektroden 12 unterhalb des Wasserspiegels im Behälter 10 liegen.

45 Durch Aktivieren der Signalerzeugungseinheit 14 wird daraufhin ein elektrisches Wechselstrom erzeugt und an das Elektrodenpaar 12, 12 angelegt, mit der Wirkung, dass in dem die Elektroden 12 umspülenden Fluid sich ein elektrisches Feld aufbaut, welches, unter Berücksichtigung des elektrischen Beitrags des Wassers, eine der Elektrodengeometrie sowie der Signalform des eingetragenen Wechselstroms folgende Feldausbreitung erzeugt.

**Fig. 2** zeigt verschiedene Möglichkeiten der Eintragung des Wechselsignals in das im Behälter 10 befindliche Fluid. Die mit (a) bis (e) in Fig. 2 bezeichneten Signalformen stellen dabei sämtlichst gleichgerichtete, rechteckförmige Wechselsignal dar, setzen also im dargestellten Ausführungsbeispiel lediglich eine unipolare Signalform (allerdings ist die vorliegende Erfindung weder auf die dargestellte rechteckförmige Signalform, noch auf die Unipolarität beschränkt).

Wie zudem die verschiedenen Signalmuster (a) bis (e) der Fig. 2 verdeutlichen, liegt es im Rahmen der Ausführungsform der Fig. 1, die Signalform bevorzugt automatisiert einstellbar zu machen, und zwar abhängig von einem konkreten Leitwert des im Behälter befindlichen Fluids; geeignet wird dieser Leitwert vor einer Beaufschlagung des Fluids mit dem Wechselsignal oder kontinuierlich während einer solchen Beaufschlagung durch einen Messvorgang mit einer (in den Figuren nicht gezeigten) Einheit ermittelt.

In Abhängigkeit von dem so ermittelten Leitwert findet dann eine Bestimmung einer für ein solches Fluid optimalen Signalform (Signalmuster) statt, wobei im Rahmen einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung von einem nichtlinearen, gleichwohl stetigen (insbesondere parabolischen) Zusammenhang zwischen Leitwert und Maximalamplitude des Wechselsignals ausgegangen wird.

Konkret kann, wie etwa anhand der Beispiele (a)-(c) der Fig. 2 gezeigt, eine automatische, leitwertabhängige Variation des eingetragenen Wechselsignals dadurch erfolgen, dass lediglich die Maximalamplitude des Wechselsignals verändert wird, während das Signal-/Pausenverhältnis des Signals unverändert bleibt; typischerweise könnte die so einstellbare Maximalamplitude zwischen etwa 3 V (Minimum) und etwa 50 V (Maximum) liegen, wobei praktischerweise, nicht zuletzt auch begrenzt durch die Möglichkeiten des aus Niederspannung erzeugten Eingangssignals, Maximalamplituden von 12 oder 24 V gewählt werden. Eine beispielhafte maximale Spannungsamplitude bei kleiner Leitfähigkeit (etwa im Bereich zwischen  $180 \mu\text{S}\text{cm}^{-1}$  und  $360 \mu\text{S}\text{cm}^{-1}$ ) beträgt etwa 30 Volt, bei Spannungsimpulsen einer Breite von 15  $\mu\text{s}$ . Eine höhere Wasserleitfähigkeit (typischerweise im Bereich zwischen  $1.500 \mu\text{S}\text{cm}^{-1}$  und  $2000 \mu\text{S}\text{cm}^{-1}$ ) würde gemäß diesem Beispiel die Spannungsamplitude automatisch auf einen Wert von etwa 10 Volt senken, mit der Folge einer signifikanten und automatischen Senkung des Durchschnittstromes bei höherer Wasserleitfähigkeit gemäß der Erfindung.

Ergänzend oder alternativ ist es möglich, vgl. Fig. 2 (d) oder (e), anstelle der maximalen Signalamplitude (oder ergänzend dazu) das Signal-/Pausenverhältnis zu verändern, etwa dadurch, dass, wie in Fig. 2(e) gezeigt, nicht mehr die Signalzeit innerhalb einer Periode der Pausenzzeit entspricht (und damit in dem Signal nicht mehr die in (a) bis (c) ablesbare Grundschwingung, bestimmt durch einen Signalimpuls, enthalten ist). Beispieldhafte Werte für Pausenzeiten zwischen Impulsen betragen etwa 5  $\mu\text{s}$  (bei niedriger Wasserleitfähigkeit) und bis zu 200  $\mu\text{s}$  (bei hoher Wasserleitfähigkeit), bei typischen Impulsbreiten der Spannungsimpulse von ca. 15  $\mu\text{s}$ .

Nach Messung der Leitfähigkeit wird gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiel bei relativ hochleitfähigem Wasser (z. B. hohe Konzentrationen von Ca- oder Mg-Ionen) die Signalamplitude bis auf eine festgestellte, untere Grenzamplitude (Grenzspannungswert), ggf. zuzüglich eines Sicherheitszuschlages, gesenkt. Eine derartige Minimalspannung wurde – behälter- bzw. cinsatzspezifisch – durch Experimente ermittelt und mikrobiologisch getestet, wobei weitere Einflussgrößen einer derartigen Grenzspannung (Grenzamplitude) die konkrete Behälterform, die Wasser-

menge sowie Elektrodenparameter sind, etwa Form, Material und Fläche der Elektroden. Nach Einstellung der Maximalamplitude erfolgt die Einstellung des Signal-/Pausenverhältnis des Wechselsignals, wobei, wie am Beispiel oben beschrieben, bei relativ hochleitfähigem Wasser eine Verengung der Signaldauer und/oder eine Verbreitung der Pausendauer im Signal-Zeitdiagramm erfolgt.

Dagegen führt die Messung einer niedrigen Leitfähigkeit des Wassers zu einer Spannungserhöhung (d. h. Erhöhung der Maximalamplitude des Wechselsignals) sowie einer Verbreiterung der Signaldauer relativ zur Pausendauer im Signal-Zeitdiagramm. In Grenzfällen ist es möglich, dass das zu behandelnde Wasser eine derart geringe Leitfähigkeit aufweist, dass eine weitere Elektrode hinzugeschaltet werden muss, oder aber dem Wasser sind Ionen zur Leitfähigkeiterhöhung, etwa durch Salzen, hinzuzufügen. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden auch diese Leitfähigkeitszustände bzw. Grenzzustände durch eine geeignete Signalisierung, etwa ein Lichtsignal, angezeigt.

Während, wie dargelegt, bevorzugt die Einstellung des Signalmusters gemäß Fig. 2 durch automatische Regelung und Einstellung einer geeigneten Mess- und Einstellelektronik erfolgen kann, ist es alternativ natürlich auch möglich, manuell aus einigen voreingestellten Signalformen zu wählen, mit Hilfe digitaler Technik aus einer Tabelle voreingestellte Signalformen zu wählen, oder andere Wege zur Anpassung der Wechselsignalform an einen konkreten Leitwert vorzunehmen. Ergänzend oder alternativ ist es möglich, innerhalb eines Behandlungsvorganges auch die Signalfrequenz zu variieren, etwa kontinuierlich zwischen einer unteren und einer oberen Grenzfrequenz. Hierdurch kann einer Frequenzabhängigkeit der Dekontaminationswirkung auf verschiedene Bakterien Rechnung getragen werden.

Eine typische Behandlungsdauer der in Fig. 1 aufgenommenen Wassermenge eines Volumens von 2 Litern liegt im Bereich zwischen etwa 2 Minuten und etwa 20 Minuten; je nach Kontaminierungsgrad sollten jedoch auch Sicherheitszuschläge hinzugerechnet werden. Eine besonders bevorzugte Weiterbildung der Ausführungsform gem. Fig. 1 liegt zudem darin, eine (nicht gezeigte) Timer- bzw. Zeitgebereinheit vorzusehen, die, idealerweise mit optischer oder anderer Signalausgabe, einem Benutzer signalisiert, sobald die vorgewählte Dekontaminationszeit der Signaleinleitung abgelaufen ist.

In der praktischen Erprobung der vorliegenden Erfindung hat sich dabei das erfundungsgemäße Prinzip nicht nur auch Bakterien vom Typ E-Coli, Salmonella, Legionella, Enterococcus, Pseudomonas Aerogenosa, Staphylococcus aureus usw. als wirksam erwiesen, auch wird davon ausgegangen, dass weitere Einzeller, Parasiten, Bakterien und Viren auf die beschriebene Art und Weise im Wasser getötet bzw. unschädlich gemacht werden.

Ebenfalls wird durch die beschriebene Vorrichtung mit Filterunterstützung erreicht, dass Schwermetallionen, Blei, Cadmium, Zink, Kupfer, Arsen usw. sowie Nitrate, Sulfate, Kohlenwasserstoffe, Chlor, organische Chlorverbindungen, Pestizide usw. entfernt werden können.

Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, die erfundungsgemäße Behältereinheit (etwa Einheit 10 in Fig. 1) selbst mit einem (nicht leitenden) Filtermaterial vollständig oder teilweise zu füllen, so dass die Behältereinheit, neben ihrer durch die Elektroden bzw. die elektrischen Signale bewirkten Dekontaminationswirkung, zusätzlich als Filter wirkt.

Gemäß einer exemplarischen Realisierungsform dieser Ausbildung der Erfindung wird geschüttetes, ggf. geeignet gesintertes Filtermaterial einer Körnung von etwa 0,5 bis 1,5 mm in den Behälter gemäß Fig. 1 gefüllt, und die Be-

handlung des Wassers wurde in der vorbeschriebenen Weise durchgeführt. Das in den Behälter gefüllte kontaminierte Wasser wurde nach Behandlungsende als vollständig dekontaminiert entnommen, zudem konnten in dem verwendeten Filtermaterial keine lebenden Bakterien festgestellt werden. Diese Weiterbildung der Erfindung scheint daher beachtliches Potential insbesondere auch für die Dekontamination von Filtereinheiten zu besitzen, die ja bekanntermaßen Brutstätten für Bakterien sind, sofern nicht konkrete Maßnahmen hiergegen, etwa Oberflächenversilbern der Körner, vorgenommen werden. Allerdings gilt es bei der vorliegenden Erfindung darauf zu achten, dass das in die Behältereinheit eingefüllte Filtermaterial nicht zu einer Beeinflussung der elektrischen Wirkung führt, etwa durch Eigenleitfähigkeit des Filtermaterials (hier bietet z. B. Aktivkohle potentielle Probleme).

In besonders vorteilhafter Weise bietet es sich daher an, (Aktivkohle-)Filtereinheiten oder dergl. der vorliegenden Erfindung nachzuschalten, denn nicht nur sollten die hervorragenden Behandlungs- bzw. Dekontaminationseigenschaften der vorliegenden Erfindung dafür sorgen, dass eine Bakterienansammlung und damit Kontamination in der nachgeschalteten Filtereinheit vermieden werden kann, auch ist in praktischen Erprobungen der vorliegenden Erfindung ein gewisses, über den erfindungsgemäßen Behälter hinaus wirkendes Nachwirken des Behandlungseffektes zu beobachten gewesen, mit der Folge, dass offenbar auch eine unmittelbare Behandlungswirkung in einer nachgeschalteten Filtereinheit, mit den positiven Wirkungen auf Bakterien darin, erreicht wurde.

Unter Bezug auf die Fig. 3 soll nunmehr eine weitere, bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben werden, die sich insbesondere auch für eine flexible Modulbauweise und -verwendung der vorliegenden Erfindung und damit zur Anpassung an verschiedene Betriebsverhältnisse eignet:

So zeigt die Fig. 3 einen quaderförmigen Behälterkörper 50, der, wie in der Seitenansicht der Fig. 3 erkennbar ist, aus einer Mehrzahl von Kammern gebildet ist, welche durch sich in der Figur vertikal erstreckende, abwechselnd von einem Behälterboden 56 bzw. einer Behälterdecke 58 in den Innenraum des Behälters 50 hineinragende Zwischenwände 52, 54 voneinander abgegrenzt sind. Genauer gesagt wechseln in der in Fig. 3 mit dem Pfeil 60 bezeichneten Strömungsrichtung abwärts gerichtete bzw. aufwärts gerichtete Zwischenwände 52, 54 einander ab, so dass im linksseitigen Einlassbereich 62 in den Behälter 50 eintretendes, kontaminiertes Wasser entlang einer durch die Pfeile 64 bezeichneten mäanderförmigen Richtung durch einander benachbarte Kammern, abwechselnd auf- und abwärts gerichtet, bis zu einem Behälterauslass 66 bewegt wird. Zusätzlich ist in der Fig. 3 zu erkennen, dass, zum Zweck des Austritts üblicher Gas- und Luftblasen, die abwärts gerichteten Zwischenwände 52 nicht durchgängig an der Deckfläche 66 des Behälters 50 ansitzen, sondern einen geringen Zwischenraum für den Gasdurchlass ermöglichen. Die Entlüftung dient vor allem auch dazu, das (in kleinsten Mengen nicht verhindbare) Vorliegen von anodischen Oxidanten problemlos zu entlüften.

Wie die Fig. 3 zusätzlich zeigt, sind einige der auf die vorstehend beschriebene Weise gebildeten Kammern mit einem Elektrodensystem versehen, und zwar dergestalt, dass jeweils drei als Platindrähte eines Durchmessers von bevorzugt 0,1 bis 0,2 mm ausgebildete Elektroden in diejenigen Zwischenräume des Behälters 50 hineinragen, welche gemäß Pfeilrichtung 64 von aufwärts strömendem Wasser durchströmt werden. Wie in der Fig. 3 gezeigt, sind die Elektrodendrähte mit einer symbolisch gezeigten Span-

nungsquelle 68 geschaltet und erzeugen Signale in der oben beschriebenen Form. In der in Fig. 3 gezeigten Schaltungskonfiguration sind dabei die außenliegenden Elektroden drähte mit einem ersten Pol verbunden, während der innenliegende Elektrodendraht mit dem anderen Pol der Signalquelle 68 verbunden ist.

Insbesondere im Hinblick auf positive Betriebs- und Reinigungseigenschaften hat sich dabei die in Fig. 3 gezeigte Konfiguration besonders bewährt, indem nämlich – überraschend – die Elektroden in den aufwärts gerichteten Wassерstrom platziert wurden.

Während im gezeigten Ausführungsbeispiel (reine) Platin drähte als Elektroden verwendet wurden, bieten sich auch andere Elektrodenformen an, so etwa Graphitstäbe oder -minen, die, bevorzugt austauschbar kontaktiert, typische Durchmesser im Bereich zwischen 0,1 und 2 mm, bevorzugt ca. 0,5 mm, aufweisen können.

Gemäß einer besonders bevorzugten, alternativen Ausführungsform ist es zudem möglich, Elektroden unmittelbar auf Wände des gezeigten Behälters (oder einer anderen Behälteranordnung) aufzubringen, und zwar durch geeignete Metallisierung (oder eine andere Art der Leiterbefestigung) auf den Behälterinnenwänden so, dass diese nicht nur mechanisch den Wasserbehälter begrenzen, sondern zugleich als Träger für die Elektroden dienen. Insbesondere im Hinblick auf eine günstige, automatisierbare Fertigung der Behälteranordnungen, weiter bevorzugt in einer Modulbauweise, bieten sich derartige Realisierungsformen an, wobei etwa in ansonsten bekannter Weise geeignet in der Elektroden- bzw. Leiterbahnstruktur bemusterte Glasplatten als Wände des Behältergehäuses konfiguriert werden.

In einer Weiterbildung des Modulgedankens bietet es sich zudem an, etwa analog der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform gebildete Behälter (die typischerweise von 3 bis 30 cm lang und 5 bis 15 hoch sein und eine typische Dicke von 20 bis 50 mm aufweisen können) so auszubilden, dass eine Mehrzahl dieser Behälter als Module entweder parallel (und damit gleichzeitig) mit einfliessendem Wasser beschickt oder aber benachbarte Behältermodule aufeinanderfolgend von dem zu reinigenden Wasser durchströmt werden können. Durch diese Technologie ist es dann insbesondere möglich, eine größere Anzahl von Behältern in einer standardisierten Größe einfach und kostengünstig herzustellen und dann durch geeignete Anordnung einer zu bestimmenden Mehrzahl von derartigen Modulen eine für eine geeignete Reinigungssituation und -leistung notwendige Anzahl von Modulen zusammenzustellen, ohne dass jeweils individuelle Behältergrößen hergestellt werden müssen.

Gemäß weiterer, bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung sind zahlreiche Modifikationen möglich: So ist die Behälterform nahezu unbeschränkt, sie kann, neben der gezeigten zylindrischen Form, auch quaderförmig, ellipsenförmig usw. sein. Die Elektroden können neben den gezeigten Positionen im Behälterinneren, auch unmittelbar Teile der Behälterwand sein, so etwa als Netz (z. B. aus Kohlefasern realisiert) direkt auf die Behälterinnwand aufgebracht sein, alternativ etwa als Platinfolie.

Eine weitere, alternative Realisierungsform der Erfindung erfolgt durch Trennen der Elektroden vom Medium, etwa durch entsprechendes Membranmaterial (ionendurchlässiges Material).

Experimentell wurde zudem festgestellt, dass sich die erfindungsgemäße Dekontaminationswirkung durch Druckeinwirkung oder durch Blasen für einen vorbestimmten Zeitraum erhöhen lässt.

Starke Leitfähigkeitsunterschiede des Wassers lassen sich, neben Einbringen von zusätzlichen Ionen durch Kochsalz, Kalzium oder Magnesiumsalzen besser behandelbar

machen; hohe Wasserleitfähigkeit verlangt möglicherweise spezielle Elektrodenformen.

Sollte das zu reinigende Wasser in Extremfällen stark biologisch verunreinigt sein, ist es im Rahmen der Erfindung möglich, weitere Klärungs-, Flockungs- und/oder Durchlauftungsstufen sowie Filtrationsschritte vor- oder nachzuschalten.

Auch wenn ein Schwerpunkt-Anwendungsgebiet der vorliegenden Erfindung im portablen Bereich liegt und entsprechend geeignete Niederspannungen verwendet werden, so ist die vorliegende Erfindung jedoch nicht auf einen rein portablen Betrieb beschränkt, und insbesondere unter Einsatz geeigneter Spannungswandler bzw. Netzteile ist es möglich, die vorliegende Erfindung stationär zu betreiben. Insbesondere in einem solchen Fall, wenn nämlich Netzzspannung zur Verfügung steht, ist es gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, die vorhandene Netzzspannung zum Betrieb einer Kühleinrichtung für den erfundungsgemäßen Behälter zu verwenden, mit weiteren, vorteilhaften Wirkungen auf die hygienischen Verhältnisse im Behälter.

Hervorzuheben bleibt letztendlich, dass durch die vorliegende Erfindung, wie beabsichtigt, das Auftreten von anodischen Oxidanten, insbesondere Chlor, weitestgehend verhindert werden konnte. Nicht zuletzt ist dieser Effekt auch das Ergebnis der erfundungsgemäße, automatischen Einstellung und Veränderung der Wechselsignale in Abhängigkeit von einer aktuellen Wasserleitfähigkeit, was vorteilhaft insbesondere auch dazu führt, dass bei Realisierung der Erfindung als Durchflusssystem das Wasser sofort nach einem Behandlungsdurchlauf ohne ein Sorbieren von freiem Chlor in Aktivkohlefiltern od. dgl. trinkbar ist. Experimentelle Überprüfungen des Chlorgehaltes bzw. des Entstehens von Chlor durch die erfundungsgemäße Behandlung haben dazu geführt, dass bei bakteriell kontaminiertem Wasser mit typischerweise geringen Mengen von 1 mg Chloriden pro Liter Wasser überhaupt kein freies Chlor gemessen wurde; bei typischen (normalen) Gehalten von ca. 10 mg Chloriden pro Liter Wasser wurde nach der Behandlung ebenfalls kein freies Chlor festgestellt, und lediglich bei bakteriell kontaminiertem Wasser mit starkem Chloridgehalt (mit 120 mg Chloriden pro Liter Wasser sogar noch oberhalb der Normengrenze von 100 mg/Liter) wurde nach erfundungsgemäßer Behandlung ein freier Chlorgehalt im Auslauf < 0,1 mg pro Liter festgestellt, was ein Vielfaches unterhalb einem erlaubten Chlorgehalt für Trinkwasser liegt.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum antibakteriellen Behandeln, insbesondere Dekontaminieren und/oder Sterilisieren von Wasser sowie zum Abtöten von Mikroorganismen in Wasser, mit

einem zum Aufnehmen einer zur Behandlung vorgesehenen Wassermenge ausgebildeten Behälter (10) und einer zum Beaufschlagen der Wassermenge im Behälter ausgebildeten Elektrodenanordnung (12), die mit einer behälterextern vorgesehenen elektrischen Signalerzeugungsvorrichtung (14) verbind- und betreibbar ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die elektrische Signalerzeugungsvorrichtung (14) mit Niederspannung betreibbar und zum Erzeugen eines elektrischen Wechselsignals zwischen Elektroden der Elektrodenanordnung mit einer Maximalamplitude < 50 V und einer Signalfrequenz im Bereich zwischen 1 und 5000 kHz, insbesondere 5 bis 50 kHz, ausgebildet ist, wobei

die Signalerzeugungsvorrichtung Einstellmittel aufweist, die zum automatischen Verändern einer Maximalamplitude, eines Amplitudenhubs und/oder eines Signal-/Pausenverhältnisses des Wechselsignals, abhängig von einem Leitwert der Wassermenge, ausgebildet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrische Wechselsignal eine Gleichspannungskomponente besitzt und bevorzugt ein gleichgerichtetes Wechselspannungssignal ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter und die Signalerzeugungsvorrichtung eine portable, insbesondere manuell handhabbare Einheit bilden.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenanordnung mindestens ein zummindest abschnittsweise langgestrecktes, bevorzugt drahtförmiges Leiterstück als Elektrode (12) aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenanordnung drahtförmige Elektroden eines Maximaldurchmessers von 0,5 mm, bevorzugt 0,1 mm, aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellmittel so ausgebildet sind, dass bei einem niedrigen Leitwert der Wassermenge eine Spannungsamplitude des Wechselsignals erhöht und bei einem höheren Leitwert die Spannungsamplitude vermindert wird.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellmittel so ausgebildet sind, dass bei einem niedrigeren Leitwert der Wassermenge ein zeitlicher Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Impulsen des Wechselsignals auf einen niedrigen Wert eingestellt, und bei einem höheren Leitwert der zeitliche Abstand auf einen höheren Wert eingestellt wird.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine in einem Behältereinlass des Behälter vorgeschaltete und/oder einem Behälterausschluss des Behälters nachgeschaltete Filtereinheit.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter zummindest teilweise mit einem Filtermaterial gefüllt ist und selbst als Filter wirkt, wobei die im Behälter vorgesehenen Elektrodenanordnung zur Dekontamination bzw. Sterilisation des als Filter wirkenden Behälters wirkt.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Behälter als Durchflussbehälter ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch Mittel zur elektronischen Bestimmung eines elektrischen Leitwerts der Wassermenge, wobei die Mittel so mit der Signalerzeugungsvorrichtung verbunden sind, dass als Reaktion auf einen vorbestimmten Leitwert die Signalerzeugungsvorrichtung ein zugehöriges Signalmuster des elektrischen Wechselsignals einstellt und ausgibt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zuordnung des Signalmusters zu dem Leitwert entlang einer nicht-linearen Einstell- bzw. Eichkurve und/oder gemäß vorbestimmten, diskreten und gespeicherten Parametern erfolgt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von bevorzugt quaderförmigen Behältern modularartig vorgesehen und so konfigurierbar ist, dass die zur Behandlung vorgesehene Wassermenge eine Mehrzahl der mo-

dulartigen Behälter gleichzeitig durchströmen, oder die Mehrzahl der modularartigen Behälter sequenziell durchströmen kann.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Signalerzeugungsvorrichtung mit einer bevorzugt programmierbaren Zeitsteuereinheit verbunden ist, die zum vorbestimmten Einstellen von Betriebszeiten der elektrischen Signalerzeugungsvorrichtung ausgebildet ist. 5

- 15. Verfahren zum Behandeln von Wasser, insbesondere zum Aufbereiten von Trinkwasser, gekennzeichnet durch die Schritte:

– Einleiten einer vorbestimmten Wassermenge in einen Behälter, der eine mit einer Signalerzeugungsvorrichtung verbundene Elektrodenanordnung aufweist

– Ermitteln eines Leitwerts der Wassermenge und  
– Beaufschlagen der Elektrodenanordnung mit einem elektrischen Wechselstromsignal mittels der Signalerzeugungsvorrichtung als Reaktion auf und abhängig von dem Leitwert,

wobei die Signalerzeugungsvorrichtung ein elektrisches Wechselstromsignal mit einer Maximalamplitude < 50 V und einer Signalfrequenz im Bereich zwischen 5 und 50 kHz erzeugt. 25

16. Verfahren nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch den Schritt:

– Filtern der Wassermenge vor einem Einleiten in den Behälter und/oder nach einem Entnehmen aus diesem. 30

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, gekennzeichnet durch den Schritt:

– Variieren einer Maximalamplitude, eines Amplitudenhubes, einer Frequenz und/oder eines Signal-/Pausenverhältnisses des elektrischen Wechselstromsignals in Abhängigkeit von dem ermittelten Leitwert der Wassermenge. 35

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Fig.1

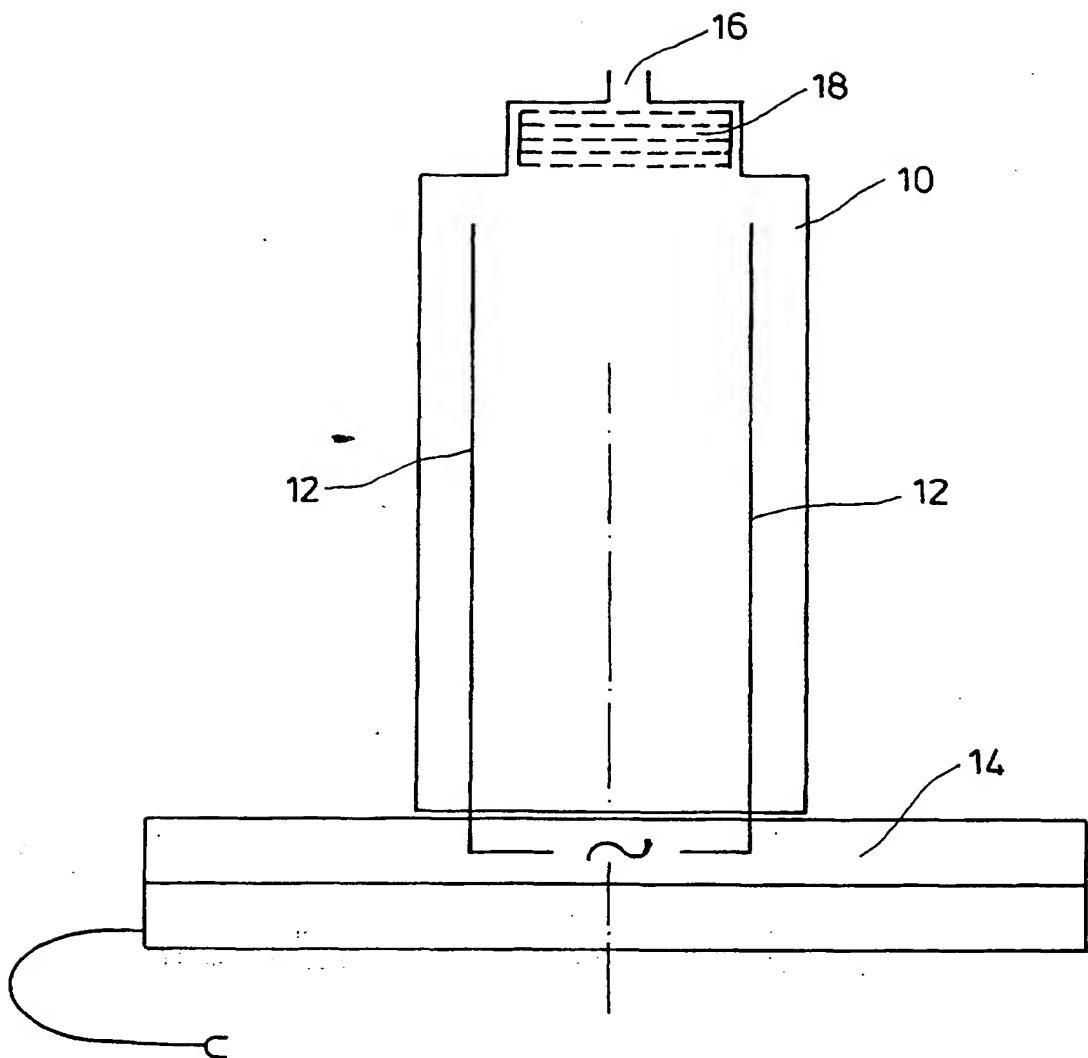
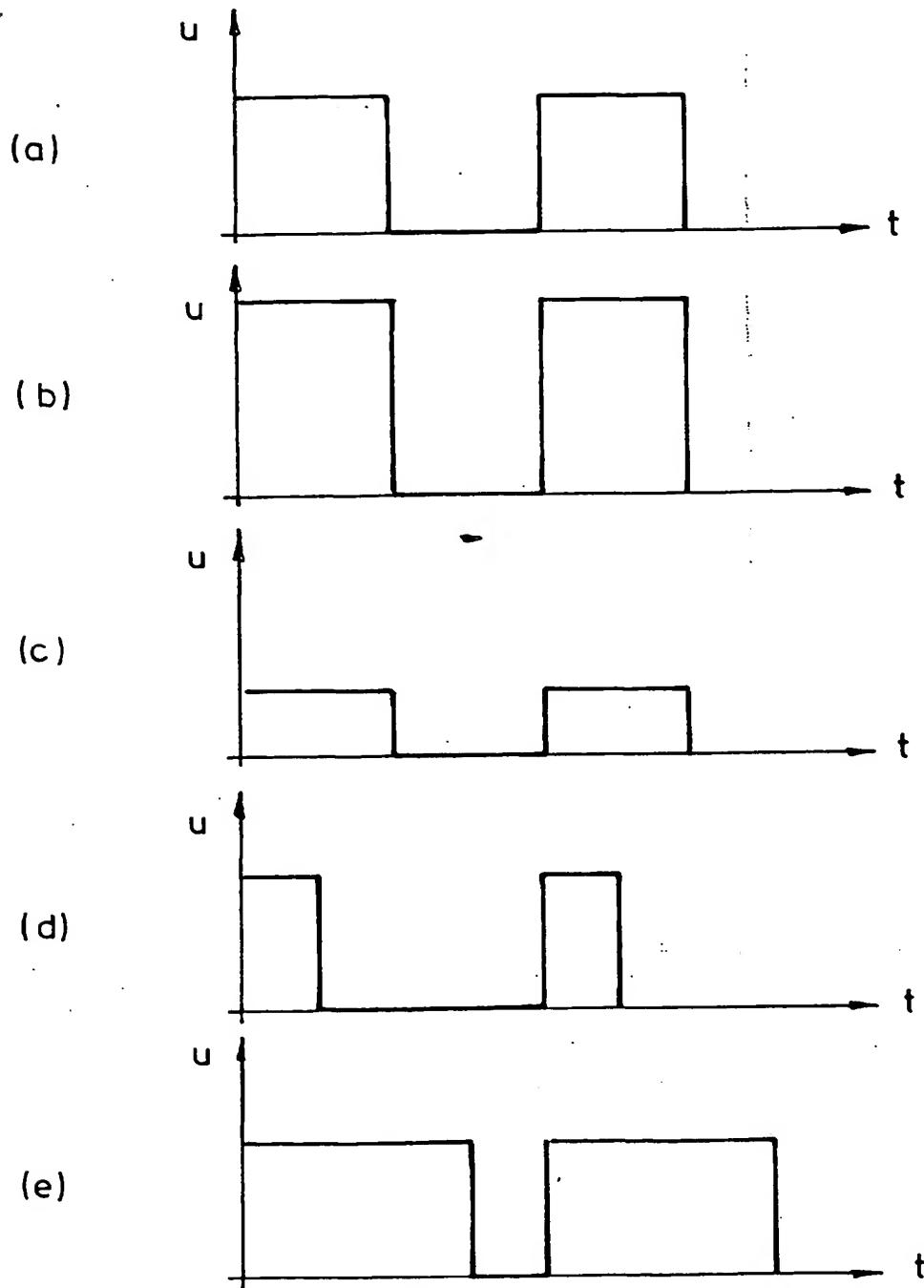


Fig.2



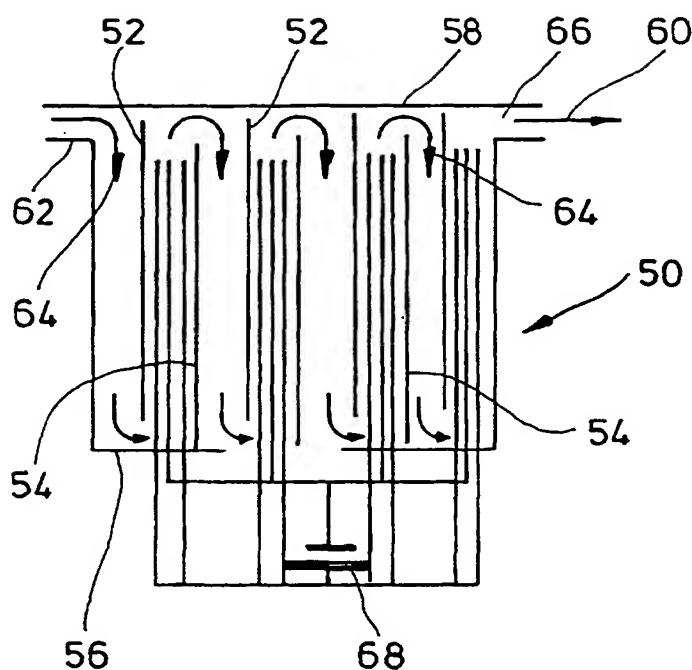


Fig.3